



Wasserstoff in Lok und Triebzug – eine Lösung mit Zukunft?

H2 | 120h | Digital Campus Zollverein

01.10.2020, Holger Dittus

DLR Institut für Fahrzeugkonzepte



Wissen für Morgen

Wasserstoffforschung im DLR

INSTITUTE:

Institut für Antriebstechnik

Institut für CO₂-arme Industrieprozesse

Institut für Fahrzeugkonzepte

Institut für Flughafenwesen und Luftverkehr

Institut für Future Fuels

Institut für emissionsarme Luftfahrtantriebe

Institut für Maritime Energiesysteme

Institut für Physik der Atmosphäre

Institut für Raumfahrtantriebe

Institut für Raumfahrtssysteme

Institut für Solarforschung

Institut für Systemarchitekturen in der Luftfahrt

Institut für Technische Thermodynamik

Institut für Verbrennungstechnik

Institut für Verkehrsforschung

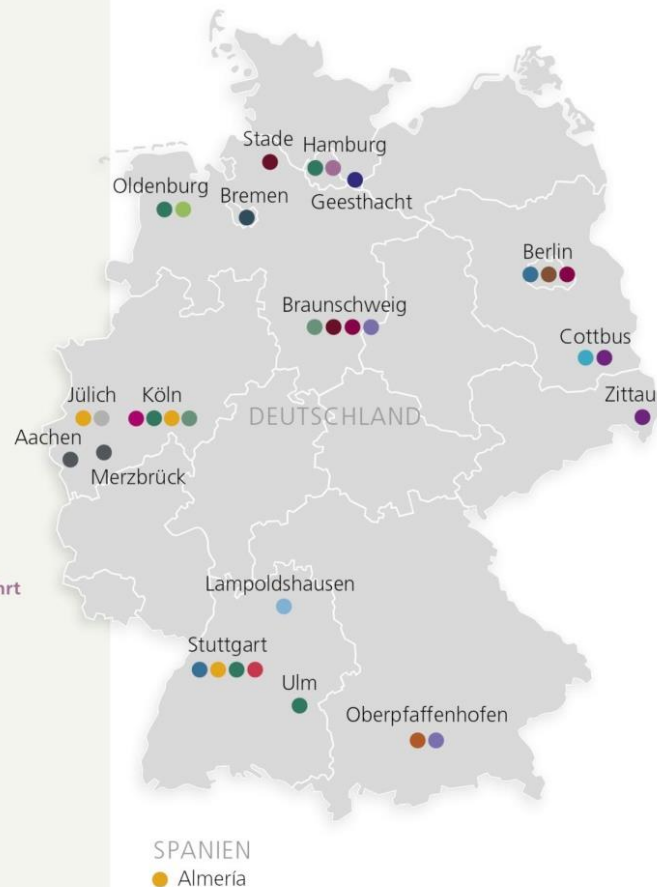
Institut für Verkehrssystemtechnik


Institut für Vernetzte Energiesysteme


Flugexperimente

Technologien für Kleinflugzeuge


Zentrum für Leichtbauproduktionstechnologie







Institut für
Fahrzeugkonzepte

Suche 

: Forschung und Projekte : Fahrzeug-Energiekonzepte

Institut

Aktuelles

Forschung und Projekte

Fahrzeugsysteme und
Technologiebewertung

Fahrzeug-Energiekonzepte

Alternative Energiewandler

Fahrzeug-Architekturen und
Leichtbaukonzepte


Werkstoff- und
Verfahrensanwendungen
Gesamtfahrzeug

Jobs & Karriere

Veröffentlichungen


Qualitätsmanagement

Archiv




Alternative Antriebs- und Energieanlagen für Schienenfahrzeuge

Etwa die Hälfte des Schienennetzes in der EU ist nicht elektrifiziert. Um die Klima- und Luftreinhalteziele zu erreichen, stellt der Einsatz von Brennstoffzellen und Batterien in Schienenfahrzeugen einen sinnvollen Ansatz als Ersatz für den heutigen Dieselbetrieb und eine Komplettelektrifizierung dar. Welche Antriebs- und Energieversorgungsoption eignet sich für unterschiedliche Einsatzfälle am besten?




FCCP - Fuel Cell Cargo Pedelecs

Brennstoffzellen stellen eine vielversprechende Alternative dar, um die Mobilität der Zukunft sauberer und umweltfreundlicher zu gestalten. Das DLR entwickelt dafür ein Lastenfahrrad mit Brennstoffzellenantrieb.




FINE1: Future Improvement for Energy and Noise

Das Projekt FINE1 – Future Improvements in Noise and Energy - ist ein Querschnittsprojekt des Shift2Rail Joint Undertakings (S2R). Gemeinsam mit einem Konsortium aus Schienenfahrzeugindustrie, Betreibern und wissenschaftlichen Einrichtungen untersucht und bewertet das DLR in enger Zusammenarbeit mit den technischen Entwicklungsprojekten die Potentiale zur Energieeinsparung, die sich bei Umsetzung der in S2R entwickelten technischen Innovationen heben lassen. Ziel des FINE1 Projekts ist es,



Air-Conditioning-Auxilliary-Power-Unit A/C-APU

Der Wasserstoff im Drucktank eines Brennstoffzellen-Fahrzeugs hat einen großen Energiegehalt, der derzeit weitestgehend ungenutzt bleibt. Am DLR wird deshalb erforscht, wie man diese Druckenergie zur Kabinenklimatisierung nutzen kann.



Initiative E-BW - Energetisches Verhalten, klimaökologischer Einfluss und Nutzerverhalten in neuen Elektrofahrzeug-Flotten

Förderprogramm „Erneuerbar Mobil“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz

Kontakt

Dr.-Ing. Michael Schier

Abteilungsleiter

Institut für Fahrzeugkonzepte

Fahrzeug-Energiekonzepte

Stuttgart

Tel.: +49 711 6862 535

Downloads

DLR-

Brennstoffzellentechnologie:

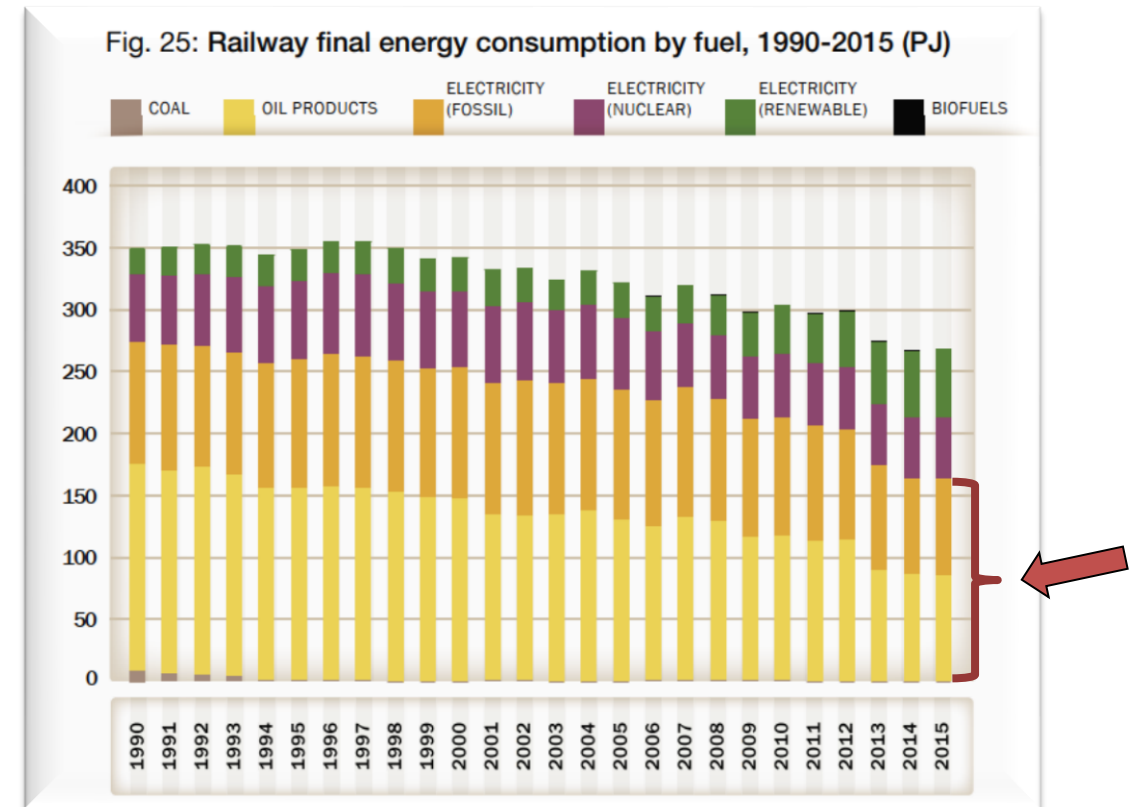
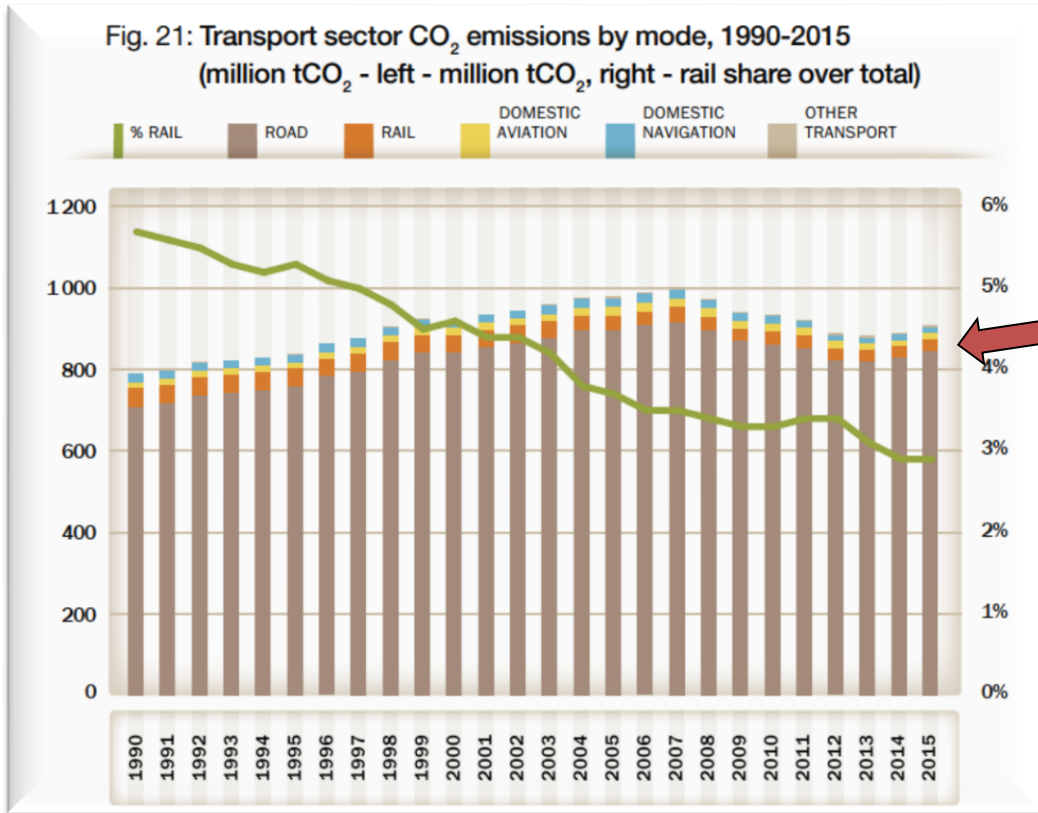
Lastentransport leicht (0,62 MB)

Handout Modelica-Bibliothek

(0,18 MB)



Emissionen und Energiebedarf im Transportsektor Zahlen für EU28



- ➔ Schiene verursacht ca. 3% der CO₂-Emissionen im Transportsektor
- ➔ Öl und Elektrizität aus fossilen Energieträgern decken mehr als 50% des Bahn-Energiebedarfs

https://www.efzn.de/fileadmin/documents/Goettinger_Energetagung/Vortr%C3%A4ge/2019/GET_2019_Baentsch.pdf

Schienentankstelle

DB NETZE

DB Energie
betreibt 190
Schienen-
Tankstellen -
Absatz
rd. 430 Mio. l
Diesel/a

1,12 Mio t CO₂ im Jahr

6 DB Energie GmbH | 8. Mai 2019

Diesel im Schienen-Personenverkehr



Elektrifizierungsgrad EBO-Streckennetz der DB, 2019 Bezug: Streckennetzlänge		61%
Diesel im SPNV		
Betriebsleistung 2017 ²⁾	243 Mio. Zug-km/Jahr	
Verkehrsleistung 2018 ³⁾	12 Mrd. Pers-km/Jahr 150 km pro Einwohner	

Das Institut für Fahrzeugkonzepte hat im Auftrag der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) das

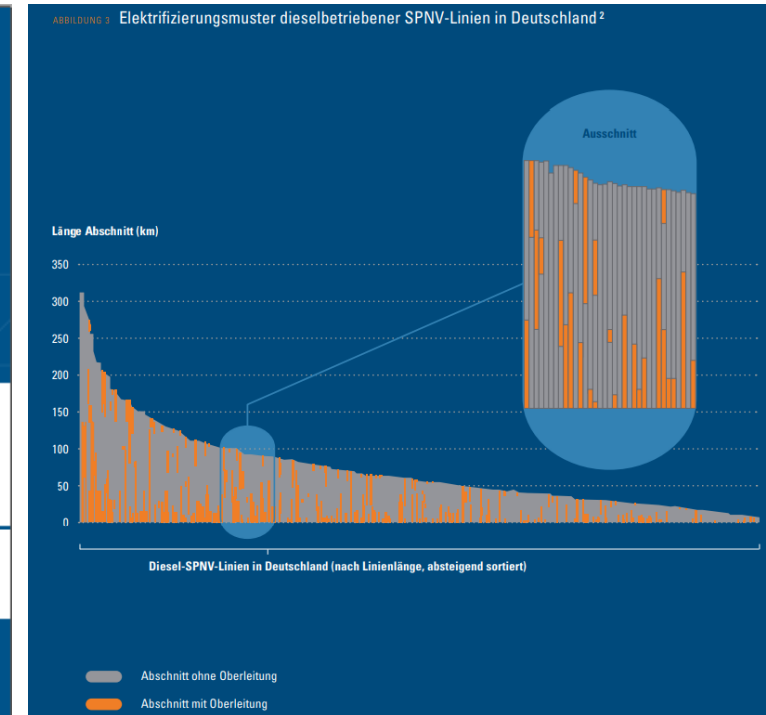
Marktpotential alternativer Antriebe im Schienenpersonennahverkehr (SPNV)

analysiert.

- Alle Wettbewerbsnetze im Diesel-SPNV in Deutschland
- Über 130 Liniennetze, mehr als 400 Bahnlinien
- Marktpotentiale für BEMU (Batterie-Oberleitungshybridtriebzüge) und FCEMU (Brennstoffzellen-Hybridtriebzüge)

Ergebnisse

- Die meisten Dieseltriebwagen werden heute in den Flächenländern Baden-Württemberg, Bayern und Nordrhein-Westfalen eingesetzt
- Hauptverbindungen im Regionalverkehr werden vorrangig elektrifiziert, Nebenstrecken sind oft nicht oder nur teilweise elektrifiziert
- Oberleitungen zu planen, zu genehmigen und zu errichten kann durchaus aufwändig sowie zeit- und kostenintensiv sein.
- Hybridtriebzüge können einen Großteil der Dieselfahrzeuge auf Bahnstrecken ohne Oberleitung zu ersetzen.
- Energiewende
- Die elektrisch angetriebenen Hybridtriebwagen beziehen ihren Strom entweder aus der Oberleitung oder fahrdrahtunabhängig aus Batterien oder Brennstoffzellen
- Die geeignete Antriebsart hängt von den einzelnen Bahnstrecken und den Netzen ab.
- **Auf Linien mit langen nicht elektrifizierten Abschnitten und in Netzen mit wenig Oberleitungsstrecken sind Triebzüge mit Brennstoffzellenantrieb die bessere Wahl.**



„Wir sehen bis 2038 ein bundesweites Marktpotenzial von bis zu 2.500 Hybridtriebzügen“

Johannes Pagenkopf, DLR-Projektleiter der Studie

Alternative Antriebe für den SPNV

Alstom Coradia iLINT



(© Alstom AG)

Stadler AkkuFlirt



(©Stadler)

Bombardier Talent 3 BEMU



(© Bombardier)

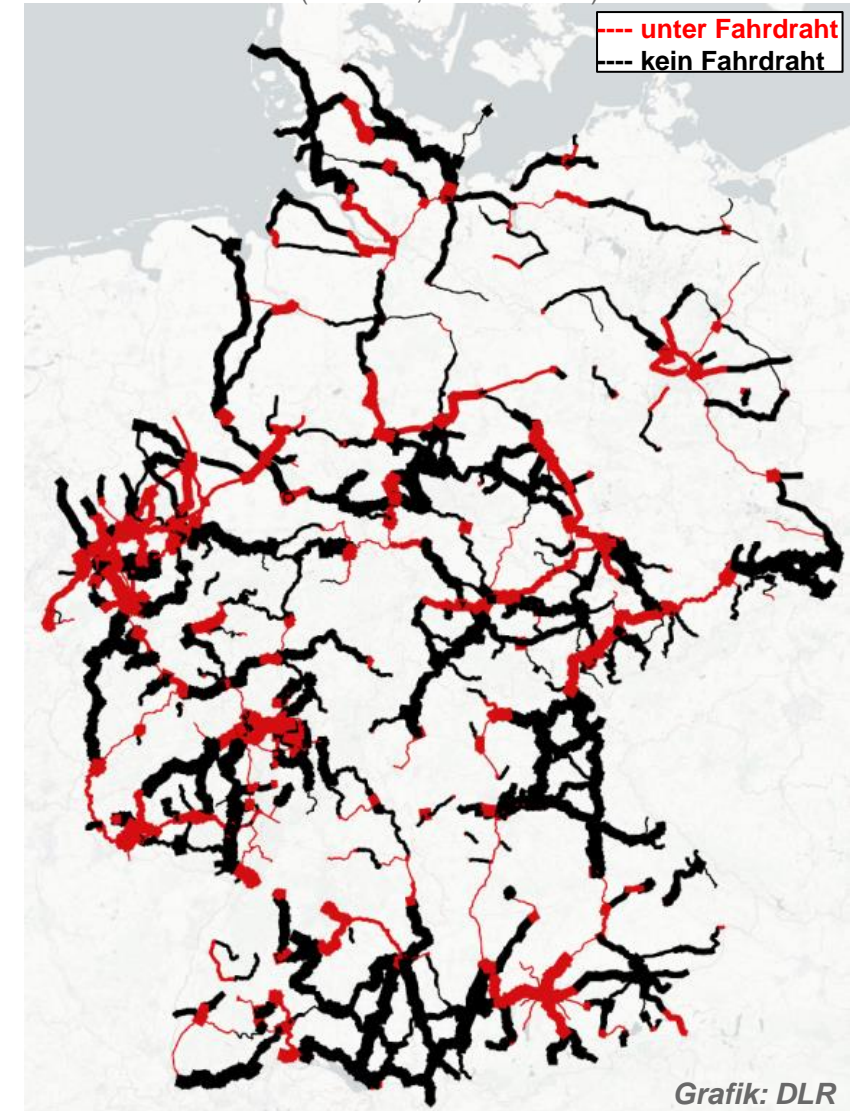
Siemens Mireo Plus B



(© Siemens AG, Michael Fritsche)

Dieselbetrieb im SPV (2019)

(Intensität, nur DB-Netze)



Grafik: DLR

Typische Eigenschaften von alternativen Antriebskonzepten		BEMU (Akku-OL-Tz)	FCEMU / HEMU (H2BZ-Tz)	DMU (Diesel-Tz)	EMU (OL-Triebzug)
Fahrzeugkonzept		2-3 Teiler (Einzelwagen/Jakobs-DG)	2-Teiler (Einzelwagen/Jakobs-DG)	1-3 Teiler (Einzelwagen/Jakobs-DG)	2-6 Teiler (Einzelwagen/Jakobs-DG; SD/DoSto)
Sitzplätze		120-170	120-160	70-300	120-430
Länge		52-60 m	52-60 m	25-80 m	40-108 m
Leistung am Rad		~1000 kW (Akku-Betrieb) ~2000 kW (OL-Betrieb)	~750-1000 kW	315 - 1560 kW	2000 – 4000 kW
Maximalgeschwindigkeit		140/160 km/h (im Akkubetrieb i.d.R. reduziert)	140 (160) km/h	100 - 160 km/h	140 – 160 km/h
Speicherkapazität		300-1000 kWh	200-260 kg H ₂ ; ~200 kWh Akku	800 – 3700 l	-
Speichertechnologie		i.d.R. NMC/C oder NMC/LTO	i.d.R. NMC/C	Dieselmotortank	-
Energiebedarf		~ 3-6 kWh/km	~0,15-0,3 kg H ₂ /km	~0,4-1,5 l /km	~3-10 kWh/km
OL-freie Reichweite		~40 – 100 /150 km	600 – 1000 km	i.d.R. > 1000 km	-
Nachlade-/ Betankungszeit je 100km Reichweite		15-30 min	3-6 min	0,7-2 min	-



H2 im SPNV: Die Zukunft hat 2013 begonnen

<https://www.now-gmbh.de/de/bundesfoerderung-wasserstoff-und-brennstoffzelle/projektfinder/verkehr/weitere-bethy>

The screenshot shows the website of NOW-GmbH. The header includes the logo, navigation links (SERVICE, INTERN, INFOSERVICE, ENGLISH), and social media icons. A menu bar lists various project areas. The main content area is titled 'BETHY –BRENNSTOFFZELLENBETRIEBENER HYBRIDTRIEBZUG'. It contains a paragraph about the project's goal, contact information for the project partner, and a download section with links to a project brief and a description.

NOW
NOW - G M B H . D E

SERVICE | INTERN | INFOSERVICE | ENGLISH

AKTUELLES | BUNDESFÖRDERUNG WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLE (NIP) | BUNDESFÖRDERUNG LADEINFRASTRUKTUR | BUNDESFÖRDERUNG ELEKTROMOBILITÄT VOR ORT | MOBILITÄTS- UND KRAFTSTOFF-STRATEGIE | EXPORTINITIATIVE UMWELT-TECHNOLOGIEN | ÜBER DIE NOW

🏠 / BUNDESFÖRDERUNG WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLE (NIP) / PROJEKTFINDER

BETHY –BRENNSTOFFZELLENBETRIEBENER HYBRIDTRIEBZUG

Das Ziel dieses Projekts bestand in der Erforschung und Entwicklung von hybriden Brennstoffzellenantriebsystemen für Schienenfahrzeuganwendungen. Dazu sollten zwei wasserstoffbetriebene Schienenfahrzeuge inklusive der dazu notwendigen Wasserstoffbereitstellung erforscht, entwickelt und aufgebaut werden.

Im Rahmen des von September 2013 bis Oktober 2016 laufenden NIP-Projekts Bethy wurden durch Alstom und das DLR-Institut FK umfangreiche Arbeiten in Bezug auf die Konzeption und den Aufbau eines Antriebssystems auf Basis der H2-BZ-Technologie für die Triebzugplattform CORADIA LINT geleistet. Dabei wurden im Vergleich zu früheren Erprobungsträgern mit dieser Technologie erstmalig Brennstoffzellenaggregate mit deutlich höherer Leistungsdichte und damit kompakterem Bauraum konzipiert, auf dem Prüfstand realitätsnah getestet und in Triebzüge für den Schienenpersonennahverkehr (SPNV) verbaut. Die Verwendung von brennstoffzellenbetriebenen Schienenfahrzeugen beschränkte sich bislang auf Prototypen und einige wenige Sonderfahrzeuge für den Einsatz unter Tage. Da bislang noch kein vergleichbares Fahrzeug (Triebfahrzeug für den Regionalverkehr) mit einem Brennstoffzellenantrieb ausgerüstet wurde, bot dieses Projekt die Chance, die Einsatztauglichkeit dieser emissionsarmen und effizienten Technologie nachzuweisen und eine Technologieführerschaft in Deutschland aufzubauen. Durch den Einsatz in einer, für Brennstoffzellenanwendungen neuen Fahrzeugklasse stellte das Vorhaben ein Pionier-projekt für Schienenfahrzeuge im SPNV dar und kann als innovatives Leitprojekt für zukünftige Fahrzeugumrüstungen dienen.

ANSPRECHPARTNER
kontakt@now-gmbh.de

DOWNLOADS
[Projektsteckbrief \(PDF\)](#)
[Projektbeschreibung drucken](#)

Das Ziel dieses Projekts bestand in der Erforschung und Entwicklung von hybriden Brennstoffzellenantriebsystemen für Schienenfahrzeuganwendungen. Dazu sollten **zwei wasserstoffbetriebene Schienenfahrzeuge inklusive der dazu notwendigen Wasserstoffbereitstellung** erforscht, entwickelt und **aufgebaut** werden.

Im Rahmen des von **September 2013 bis Oktober 2016** laufenden NIP-Projekts Bethy **wurden durch Alstom und das DLR-Institut FK** umfangreiche Arbeiten in Bezug auf die Konzeption und den **Aufbau eines Antriebssystems auf Basis der H2-BZ-Technologie** für die Triebzugplattform CORADIA LINT geleistet.

Durch das Projekt wurde die erforderliche **Forschungs- und Entwicklungsarbeit für die Markteinführung von brennstoffzellenbetriebenen Schienenfahrzeugen** vorangetrieben.

Förderkennzeichen 03BV139

https://www.alstom.com/sites/alstom.com/files/2020/09/11/200911%20PR_Alstom%20Austria%20OBB_EN.pdf



März 2017:

Juli 2018:

September 2018:

Der Coradia iLint **nimmt den Fahrgastbetrieb** Niedersachsen **auf**. Die beiden Vorserienzüge, die im Juli vom Eisenbahn-Bundesamt zugelassen worden waren, verkehren jetzt zwischen den Städten Cuxhaven, Bremerhaven, Bremervörde und Buxtehude.



Alstom has already sold 41 of these hydrogen-powered trains in Germany. Other countries such as the United Kingdom, the Netherlands, France and Italy are also interested in the technology. Alstom is the leader in zero-emission mobility and the only manufacturer able to offer its customers the full range of emission-free drives from electric through to battery and hydrogen fuel cells.

https://www.alstom.com/sites/alstom.com/files/2020/09/11/200911%20PR_Alstom%20Austria%20OBB_EN.pdf

Fleet

Alstom unveils hydrogen train concept for French regions

ALSTOM has unveiled a concept for a hydrogen fuel cell variant of its Coradia Polyvalent (Régiolis) multiple unit, which the supplier is developing as an alternative to diesel trains for the French regions.

Nov 22, 2018
Written by
Keith Barrow



Related Posts

Heart of Wales line to
reopen following floods
and derailment
Infrastructure

£216.2m East Coast Main
line power supply
upgrade contract
awarded
Infrastructure

GT Link and PKP
intercity to launch
Vilnius – Warsaw service
Main line

Utrecht tram conversion

The project builds on Alstom's experience in Germany with the Coradia train, which entered service in the state of Lower Saxony.

Alstom says there are currently around 1000 DMUs in service in France, which are more than 20 years old and therefore due for replacement in the next decade.

For fuel cell technology to be viable on the French railway network, Alstom needs to deliver a fleet of 25-50 hydrogen trains before 2025. Regions have expressed an interest in the technology in the past.

Alstom plans to offer a 160km/h bi-mode train equipped with a 72m-long four-car train will accommodate around 230 passengers for up to 200kg of hydrogen, providing a range of 400-600km between fuelling cycles.

The introduction of hydrogen fuel cell trains is in line with the government's hydrogen plan, which was published in July 2018.

Brennstoffzellen als Zugantrieb: Siemens erhält Förderzusage

Mobilität: Projekte - Technologie

27. Februar 2018



Der Nahverkehrszug Mireo soll künftig auch mit Wasserstoff-Brennstoffzellen fahren. Bild: Siemens

Oberleitungsloser Betrieb und null Emissionen

Siemens und der kanadische Brennstoffzellen-Hersteller Ballard Power Systems planen die gemeinsame Entwicklung eines Brennstoffzellen-Antriebs für die Siemens-Zugplattform Mireo. Zusammen wollen die beiden Unternehmen eine neue Generation der Brennstoffzelle entwickeln, die über eine besonders lange Lebensdauer und Leistungsdichte sowie einen verbesserten Wirkungsgrad verfügt. Die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH) ist Partner des Forschungsvorhabens.

Talgo presents its hydrogen propulsion system

September 18, 2020



Talgo has presented its hydrogen train propulsion system, which is the first such prototype in Spain. The first track validation tests will take place in the fourth quarter of 2021 on the Extremadura railway line in western Spain, at the border with Portugal.

This hydrogen system is configured as a modular solution that can be installed on all types of rail vehicles.

Designed for the urban and medium distance Vittal platform, with a focus on reducing processes in Spain and other countries.

Talgo uses hydrogen batteries that provide the energy for the train's propulsion system, such as solar photovoltaic or wind, which produce clean energy to power fuel cell-based propulsion systems, such as the one developed by Talgo that increase the speed of the train when it starts and to recharge it.

In addition to battery systems in the automotive industry, the hydrogen technology is also being used in heavy transport and, in particular, of those railway lines that do not have electrification, and which today depend on trains powered by diesel engines.

The hydrogen propulsion system designed by Talgo offers an efficient alternative to the non-electrified conventional railway network.

Talgo has selected Extremadura railway lines as part of a broader strategy that aims to provide a civil society, business and regional public administrations to improve the railway to completely decarbonized transport system. Extremadura it is a region that has expressed a more decisive commitment to the creation and regeneration of the local production of hydrogen.

The system was presented in Don Benito, Badajoz, within the framework of the Spanish Hydrogen Technologies present in the Southwest of the Iberian Peninsula.

<https://www.railwaypro.com/wp/talgo-presents-its-hydrogen-propulsion-system/>

Weltpremiere im Zillertal: Stadler Rail liefert Wasserstoff-Züge nach Österreich

Für die Tiroler Zillertalbahn baut Stadler fünf Triebzüge. Diese werden mit Wasserstoff-Brennstoffzellen bestückt. Die umweltfreundlichen Schmalspur-Fahrzeuge sollen die veraltete Dieselflotte ersetzen.

Thomas Griesser Kym
18.03.2018, 11:36 Uhr

Merken Drucken Teilen



Visualisierung der Designstudie des weltweit ersten Schmalspur-Wasserstoffzuges, den Stadler für die Zillertalbahn fertigen wird. Bild: PD

Es ist ein Auftrag, wie er nicht alle Tage hereinkommt. Und Stadler darf sich als Pionier fühlen. Die Zillertalbahn hat beim Ostschweizer Schienenfahrzeugbauer fünf Triebzüge bestellt. Darüber hinaus besteht eine Option auf drei weitere Fahrzeuge. Das Besondere: Die Züge für die Tiroler Schmalspurbahn mit einer Spurweite von 760 Millimetern werden mit Wasserstoff betrieben.

<https://www.tagblatt.ch/wirtschaft/stadler-rail-faehrt-auf-wasserstoff-ab-ld.1021485>

H2-Tankstellen für Schienenfahrzeuge

Bremervörde: Nachschub für Wasserstoff-Züge

Tankstelle folgt auf Testphase

Von Johannes Heeg - 03.08.2020 - 0 Kommentare

Ab 2022 werden in Bremervörde insgesamt 14 emissionsfreie Züge mit Wasserstoff betankt. Jetzt erfolgte der Startschuss für den Bau dieser weltweit ersten Wasserstofftankstelle für Personenzüge.



Beim symbolischen ersten Spatenstich für die weltweit erste Wasserstofftankstelle für Passagierzüge in Bremervörde (von links): Mathias Kranz (Linde), Jörg Nikutta (Alstom), Thomas Nawrocki und Carmen Schwabl (Landesnahverkehrsgesellschaft), Holger Buse (EVB) und Joachim Heider (Linde). (EVB)

Bremervörde. Wasserstoff statt Diesel im Tank: Bei den Eisenbahnen und Verkehrsbetrieben Elbe-Weser GmbH (EVB) sollen ab 2022 insgesamt 14 emissionsfreie Züge zwischen Cuxhaven, Bremerhaven, Bremervörde und Buxtehude verkehren. Der Kraftstoffnachschub soll dann in einer Tankstelle erfolgen, die ab September am Bremervörder Bahnhof errichtet wird. Jetzt ist der symbolische erste Spatenstich für die weltweit erste Wasserstofftankstelle für Passagierzüge erfolgt.

https://www.weser-kurier.de/region/wuenne-zeitung_artikel-tankstelle-folgt-auf-testphase-arid.1926666.html

Dienstag, 05.03.2019 - 00:00 3 min

Industriepark Höchst: Wo Wasserstoff-Züge bald tanken können

Der Rhein-Main-Verkehrsverbund steht kurz vor dem Kauf von 26 Triebfahrzeugen mit Wasserstoff-Technik.

Von **Sven Hollerich**



RHEIN-MAIN - Die Diesel-Debatte hat längst auch die Bahn-Branche erfasst. Auch in Hessen wurde überlegt, wie der öffentliche Nahverkehr auf nicht elektrifizierten Bahnlinien von den Rußfahnen befreit werden kann, die Dieselloks hinter sich herziehen.

Die Brennstoffzellen-Technik in mit Wasserstoff betankten Zügen ist eine Möglichkeit. Nach der Präsentation eines solchen völlig emissionsfreien Zuges zwischen Wiesbaden und Frankfurt im vergangenen Jahr steht der Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV) kurz vor dem Kauf von 26 Triebfahrzeugen der neuen Technik.

Nach erfolgter europaweiter Ausschreibung wird der RMV nach Angaben von Pressesprecherin Vanessa Rehermann im ersten Halbjahr 2019 den Kaufvertrag für die Triebfahrzeuge und deren Instandhaltung unterzeichnen. Da es derzeit nur einen Zughersteller gibt, der sich auf die Ausschreibung für Wasserstoff-Züge bewerben könnte, wird die Wahl wohl auf den Hersteller Alstom und den Zug vom Typ „Coradia iLint“ fallen.

https://www.allgemeine-zeitung.de/wirtschaft/wirtschaft-regional/industriepark-hochst-wo-wasserstoff-zuge-bald-tanken-konnen_19995263

Wasserstoffversorgung für BZ-Triebfahrzeuge im Tausnetz des RMV

Standort für die Versorgung mit Wasserstoff

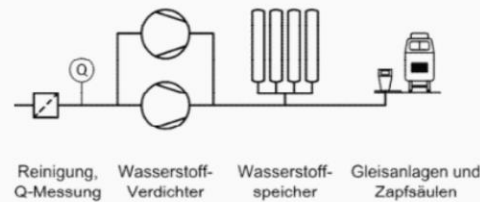
- Im Industriepark Höchst fällt Wasserstoff als Koppelprodukt einer Chloralkalielektrolyse an
- Die Mengen sind mehr als ausreichend für die Versorgung der BZ-Triebfahrzeuge

Kennzahlen

- Anzahl Züge: 24 + 3 Reserve
- Züge zur Betankung: ca. 14 pro Tag
- Wasserstoffbedarf: 2.300 kg pro Tag
675.000 kg pro Jahr
- Tankgröße Zug: 2 x 132 kg
- Betankungsdauer: 15 min pro Zug
- Reichweite: 900 km



Quelle: Infraser GmbH & Co. Höchst KG

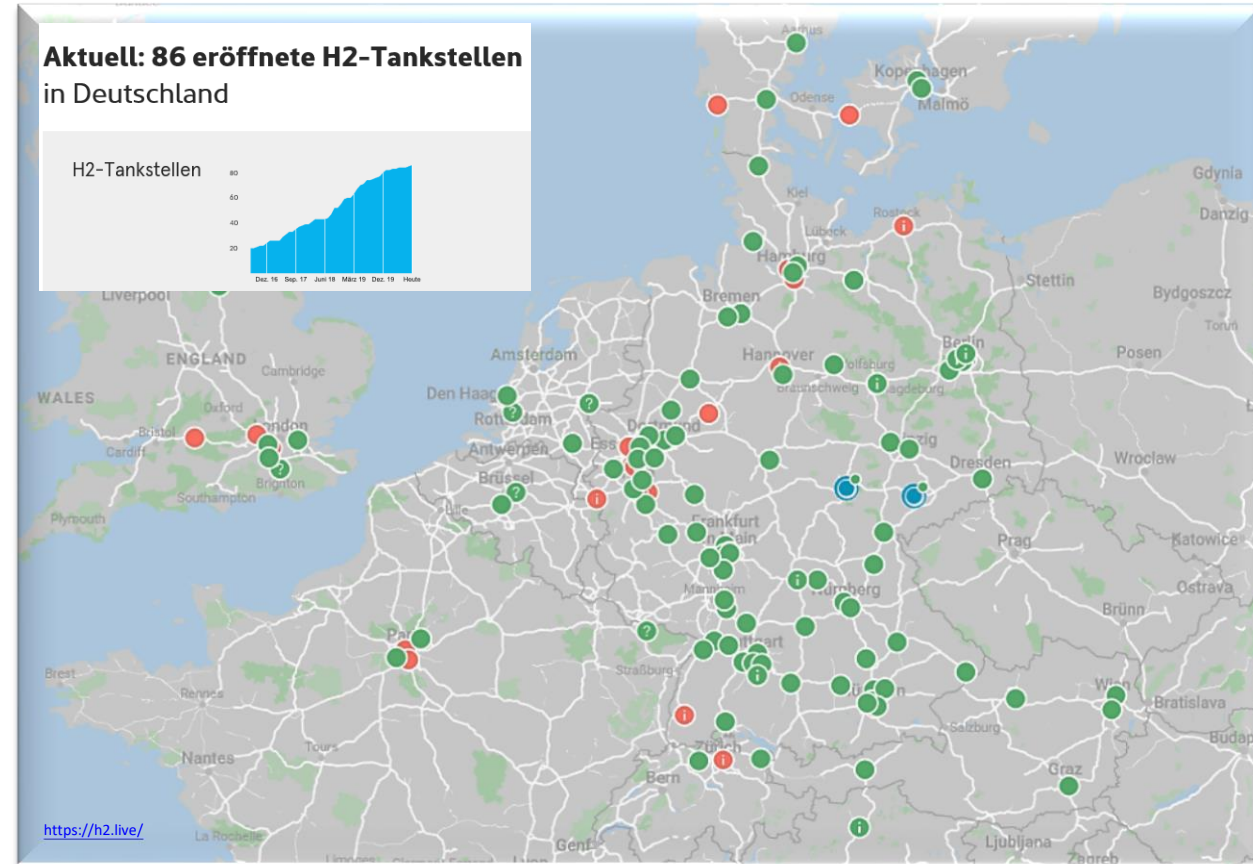


24.10.2019 Infraser GmbH & Co. Höchst KG



Aktuell: 86 eröffnete H2-Tankstellen in Deutschland

H2-Tankstellen

H2-Tankstellen für Schienenfahrzeuge

- Schiene garantiert für lange Zeiträume (10-15 Jahre im SPNV) gut planbare, hohe Tankstellenauslastung
- Nutzung der TS auch für Busse und NFZ möglich

➔ **Schiene kann Aufbau von H2-Tankstellen für Nutzfahrzeug und Heavy Duty massiv unterstützen**

H2-Tankstellen für PKW

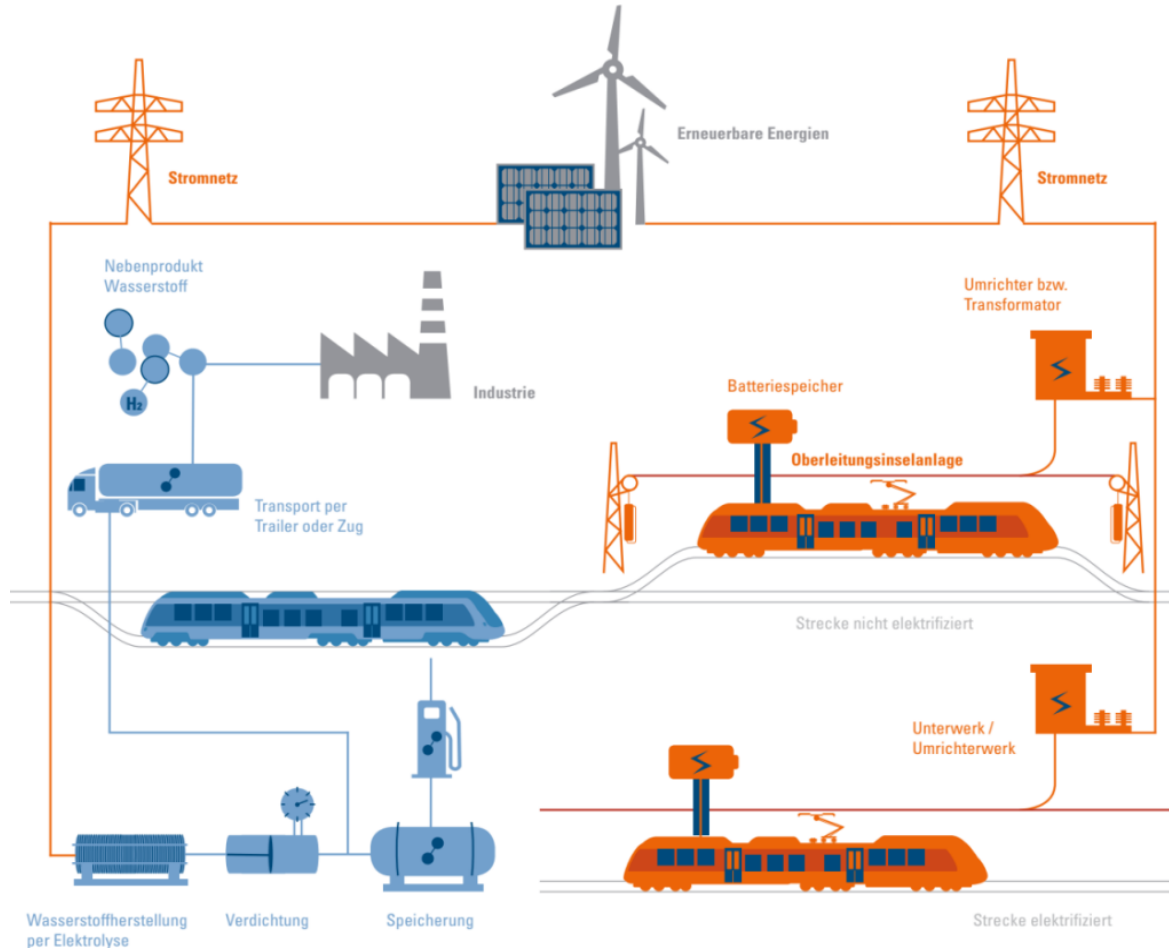
Zahlenspiel:

- Laut KBA Zahlen: 750 – 1000 FCEV derzeit in D im Einsatz
- 1000 FCEV, 15000km/Jahr, @1kgH2/100km
- H2 Bedarf: 150 kg/Jahr pro Fzg. bzw. 150t/Jahr

➔ **Mittlerer Umsatz je PKW-Tankstelle ca. 1,75 t H2 / Jahr**

H2 in Triebzügen ist eine Erfolgsgeschichte!

Markthochlauf im SPNV ist gestartet



Bearbeitet nach kursiv Kommunikationsdesign, Peter Frey
(DLR-Ergebnisbroschüre DLR-Studie für NOW)

Aber...

- **FC-Hybrid- und reiner Batterie-Triebzug** haben spezifische Stärken und Schwächen
- Immer ganzheitliche **Betrachtung im regionalen Umfeld** notwendig.

Herausforderungen H2 im SPNV:

- **Systemdienliche Sektorkopplung** Energie & Transport
- Erneuerbarer, **grüner H2**
- **Bahntauglichkeit und Bahnzulassung**
- **Kostensenkungen** Fzg-Herstellung, Betrieb, H2-Erzeugung
- **Synergien nutzen, kritische Masse erreichen**

Weitere F&E-Aktivitäten:

- Energieeffizienz im FC Hybrid optimieren:
 - Energie- und Thermomanagement
 - Heizung / Klimatisierung Fahrgastraum
 - **Vorausschauende Betriebsstrategien**
- Vereinheitlichung von FC-Hybrid-Architektur und Schnittstellen
- Lebensdauer von FC, Tanks, Batterien...
- H2-Betankung, H2-Speichertechnologien (LH2, LOHC, MeH, ...)

Und was ist mit H2 im Güterverkehr?

H2-Transport auf der Schiene

DB-Energie (und andere) arbeiten intensiv an wirtschaftlichen Konzepten für **H2-Transport auf der Schiene** und **Bereitstellung von erneuerbarem H2**



Studie der Deutschen Bahn: Wie man den Wasserstoff per Schiene transportieren kann

Die LEA berichtet!



04. Aug. 2020

Wasserstoff muss dort verfügbar sein, wo er benötigt wird – zum Beispiel in Fuhrparks oder Schientankstellen. Der Transport über die Straße? Ganz schön kohlendioxidlastig. Aber was wäre eine umweltfreundliche Alternative?

<https://blog.lea-hessen.de/wasserstoff-ueber-die-schiene/>

Alternative Antriebe für Lokomotiven und Schienengüterverkehr

FAHRZEUGE & KOMPONENTEN | Antriebskonzepte

Stand der Technik von Antriebskonzepten für Rangier- und Streckenlokomotiven

Durch die Entwicklung von neuartigen Antriebskonzepten für Lokomotiven entstehen neben Chancen, wie ein geringerer Energiebedarf, auch Risiken im Hinblick auf einen ökonomischen Betrieb. Dieser Artikel beschreibt derzeitige Entwicklungstendenzen von Antriebskonzepten für Rangier- und Streckenlokomotiven und stellt eine Methode zur Entscheidungsunterstützung vor, welches Antriebskonzept bezogen auf das jeweilige Anforderungsprofil sich als optimal darstellt.

EINFÜHRUNG

Eisenbahnverkehrsunternehmen stehen heute durch den voranschreitenden technischen Fortschritt und den damit verbundenen neuen Möglichkeiten im Bereich der Energiespeicher und Antriebssysteme stärker denn je unter Zugzwang, ihre bisherigen Fahrzeuge auf betriebswirtschaftliche Kostenoptimierung zu prüfen, und gegebenenfalls durch neue umweltfreundlichere, günstigere und leistungsoptimierte Systeme zu ersetzen.

Bei der Entscheidung, eine neue Lokomotive für den Rangier- und/oder Streckendienst im Güterverkehr anzuschaffen, sind verschiedene Vorüberlegungen zu berücksichtigen. Das schließt zum einen die Betrachtung der Lebenszykluskosten (LCC = Life Cycle Costs) mit ein, zu denen

- die Anschaffungskosten mit ihren Treibern Entwicklungs-, Herstellungs- und Zulassungskosten,
- die Kosten in der Besitzphase (z.B. Energie-, Instandhaltungs- und Reinvestitionskosten von Teilkomponenten) und
- die Kosten für die Entsorgung

gehören. Zum anderen sind die Einsatzarten und die Infrastruktur für die Wirtschaftlichkeit eines Antriebssystems ausschlaggebend. Gleichzeitig führen verschärfte Umweltauflagen und Gesetze dazu, dass der Einsatz in bestimmten Bereichen und Arbeitsumfeldern für Lokomotiven mit hohem Schadstoffausstoß eingeschränkt oder verboten ist. Soll die Lokomotive vermehrt innerhalb von Produktionshallen oder in Tunneln, bspw. für Instandhaltungsmaßnahmen oder Rettungsmaßnahmen eingesetzt werden, so müssen teilweise Grenzen für lokale Emissionen eingehalten werden, die aus Gründen der Arbeitssicherheit deutlich unterhalb der gesetzlichen Vorgaben liegen. Dies betrifft insbesondere Schadstoffe wie Stickoxide, Feinstaub und Kohlenstoffmonoxid. Neben den Schadstoffemissionen können je nach Einsatzzweck auch die Schallemissionen während des Betriebes eine entsprechende Entscheidungsgrundlage für die Auswahl einer Lokomotive bzw. eines bestimmten Antriebskonzepts darstellen, wenn z.B. die Begrenzung von Schallemissionen in der Nähe von Wohngebieten erforderlich ist.

ALTERNATIVE ANTRIEBSYSTEME FÜR LOKOMOTIVEN

Alternative Antriebs- und Energiespeichersysteme werden vermehrt auf Streckenabschnitten eingesetzt, die nicht oder nur teilweise elektrifiziert sind. Hier besteht gegenüber der bisher eingesetzten Dieselmotortechnik einerseits das Potential der Energieeinsparung und lokaler Emissionsverringerung durch streckenweise Nutzung der Oberleitung oder Einsatz von Hybridsystemen zur Energierückgewinnung. Andererseits können neuartige Antriebskonzepte betrieblich mehr Flexibilität schaffen, wenn z.B. auf ein Unspannen der Loks verzichtet werden kann. Es stellt sich die Frage, welche Vorteile die unterschiedlichen Antriebskonzepte bieten, und für welchen Einsatzbereich welches Antriebskonzept die optimale Wahl ist [1].

Ein Hybrid-Antriebsystem besteht aus zwei unterschiedlichen Antriebsleistungsquellen, die beide gleichzeitig zum Fahrzeugantrieb genutzt werden können. Hierzu zählen u.a. die Kombination aus Verbrennungsmotor und Energiespeicher oder aus Brennstoffzelle und Energiespeicher. Hybridantriebe können als serielle, parallele oder leistungsverteilte Systeme umgesetzt werden. Für Lokomotiven werden derzeit serielle und leistungsverteilte Hybridantriebe entwickelt. Serielle Hybride treiben das Fahrzeug über Elektromotoren an, deren Leistungstromrichter mit der elektrischen Leistung aus beiden Leistungsquellen gespeist werden. Bei leistungsverteilten

Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Benedikt Schaler M.Sc., Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Institut für Verkehrssystemtechnik Wissenschaftlicher Mitarbeiter Benedikt.Schaler@dlr.de

Dipl.-Ing. Holger Dittus Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Institut für Fahrzeugkonzepte Gruppenleiter Energiemanagement und Evaluation Holger.Dittus@dlr.de

Dipl.-Ing. Matthias Böhm Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Institut für Fahrzeugkonzepte Wissenschaftlicher Mitarbeiter Matthias.Boehm@dlr.de

Dr.-Ing. Christian Meisch Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Institut für Verkehrssystemtechnik Gruppenleiter Antriebskonzepte und Betrieb Christian.Meisch@dlr.de

Hiermit wird eine unbefristete Genehmigung für DLR / Hersteller für elektromechanische und mechanische Untersuchungen für die Dauer der Belohnung gemäß von DLR Media Group, 2018.

www.eurailpress.dlr.de

ETR | DEZEMBER 2018 | NR. 12

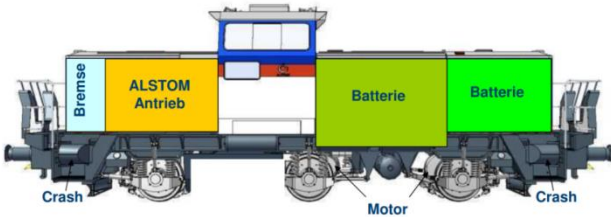
Hersteller, Fahrzeug	Anfahrzugkraft	max. Systemleistung am Rad	Stromsystem(e)	Energiespeicher, -inhalt nominell	Status
CAF RATP	k. A.	1000 kW	k. A.	NiCd	Auslieferung 2019
Stadler RHB	75 kN	500 kW	k. A.	Lilon	Auslieferung 2020

TABELLE 6: Kenndaten von Zweikraft OL-Batterielokomotiven (Last Mile) [18], [19]



Hersteller, Fahrzeug	Anfahrzugkraft	max. Systemleistung am Rad	FuelCell	Energiespeicher, -inhalt nominell	Status
BNSF Fuel Cell	k. A.	1000 kW	240 kW	Blei-Säure	k. A.
Alstom H3 Akku	240 kN	600 kW	nicht vorhanden	NiCd, 200 kWh	k. A.

TABELLE 7: Kenndaten von Brennstoffzellen-Hybridantrieb- und Batterielokomotiven [21], [6]



Hersteller, Fahrzeug	Anfahrzugkraft	max. Systemleistung am Rad	Dieselmotor	Energiespeicher, -inhalt nominell	Status
Alstom H3 Hybrid	240 kN	700 kW	350 kW	NiCd, 100 kWh	im Einsatz
Alstom H4 Hybrid	300 kN	k. A.	900 kW	NiCd, k. A.	k. A.
Gmeinder DE60C Hybrid	200 kN	435 kW	354 kW	Lilon, k. A.	Prototyp
Railpower GG20B	k. A.	1500 kW	224 kW	Blei-Säure, 840 kWh	im Einsatz
CRRC Hybrid AC Drive Shunting Loco	100 kN	400 kW	k. A.	Lilon	Prototyp

TABELLE 1: Kenndaten von Dieselhybridlokomotiven, seriell [5-10]

Hersteller/Fahrzeug	Anfahrzugkraft	max. Systemleistung am Rad	Dieselmotor	Energiespeicher, -inhalt nominell	Status
DB HELMS BR294	k. A.	750 kW	1000 kW	Lilon/SCiB, 92 kWh	Prototyp in Entwicklung

TABELLE 2: Kenndaten Dieselhybridlokomotive, leistungsverzweigt [11]

Hersteller, Fahrzeug	Anfahrzugkraft	max. Systemleistung am Rad	Stromsystem(e)	Dieselmotor	Status
CAF Bitrac CC3600	300 kN	4450 kW	3 kV DC	2x1800 kW	im Einsatz
Siemens Vectron DualMode	300 kN	2000 kW	15 kV AC	2400 kW	k. A.
Stadler Euro Dual	500 kN	7000 kW	15/25 kV AC	2800 kW	im Einsatz

TABELLE 3: Kenndaten von Zweikraft OL-Diesellokomotiven (DualMode) [12], [13], [4]

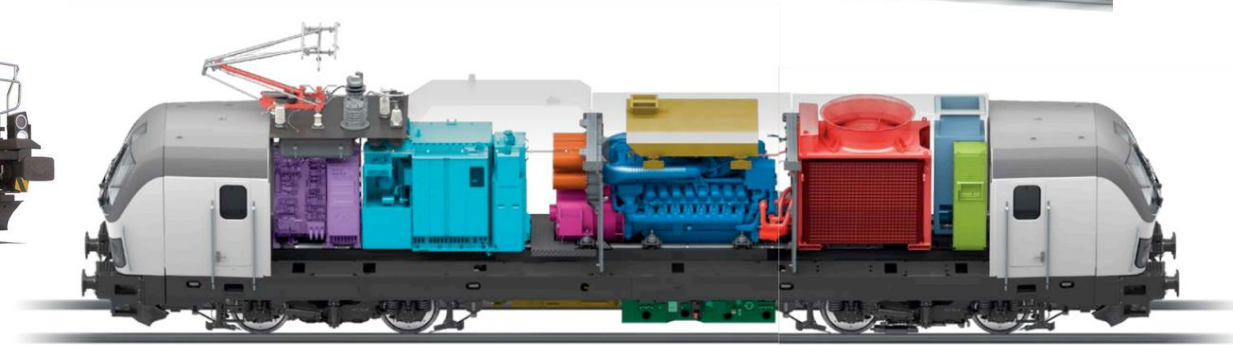
Hersteller, Fahrzeug	Anfahrzugkraft	max. Systemleistung am Rad	Stromsystem(e)	Dieselmotor	Status
Stadler Eem923	150 kN	1500 kW	15/25 kV AC	290 kW	im Einsatz
Bombardier TRAXX LastMile	300 kN	5600 kW	15/25 kV AC	180 kW	im Einsatz
Siemens Vectron LastMile	300 kN	5200 - 6400 kW	15/25 kV AC, 3 kV DC	180 kW	k. A.

TABELLE 4: Kenndaten von Zweikraft OL-Diesellokomotiven (LastMile) [14-17]

Hersteller, Fahrzeug	Anfahrzugkraft	max. Systemleistung am Rad	Dieselmotor	Energiespeicher, -inhalt nominell	Status
Vossloh DE18 SmartHybrid	300 kN	1800 kW	1800 kW	Lilon, 120 kWh	in Entwicklung

TABELLE 5: Kenndaten von Diesel- Energiespeicherlokomotiven [3]

Bildquellen: Toshiba, Stadler, Gmeinder, Siemens, Bombardier, Vossloh



➔ Innovation ja, aber der Diesel bleibt meist



Warum gibt es weniger FC-Aktivitäten im SGV, speziell im Rangierdienst?

Breites Anforderungsprofil im SGV

- Rangierverkehr, Werksverkehr, Zugzusammenstellung, Streckeneinsatz, ...
- Leistungsbereiche von 300 kW bis >2000 kW
- Tägliche Betriebsstunden und langjährige Einsatzdauer
- Bahnfestigkeit, Zuverlässigkeit

Fahrzeug-, Nutzer- und Marktstruktur

- **Fahrzeuge sind Produktionsmittel** in privatwirtschaftlichen Unternehmen
- Kostenstruktur von Dieselfahrzeugen bekannt und gut prognostizierbar
- Personal & Werkstatt & Erfahrung: **bisher nur Dieselfahrzeuge** im Einsatz!
- wenig Fahrzeug-Neubeschaffungen, **häufig Refurbishment**
- Kleinere **Stückzahlen** & kleinere Hersteller, kaum Spielraum für F&E
- **Kostendruck** in Güter- und Logistikbranche ist immens

H2 im SGV bisher kaum Relevanz!

- Leuchttürme fehlen – wer macht den ersten Schritt?
- Angst vor dem Risiko einer neuen Technologie?
- „**Never change a running system**“-Mentalität?



DLR-Studie Alternative Antriebe im SGV

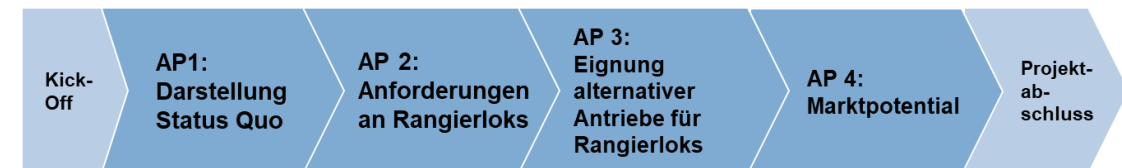
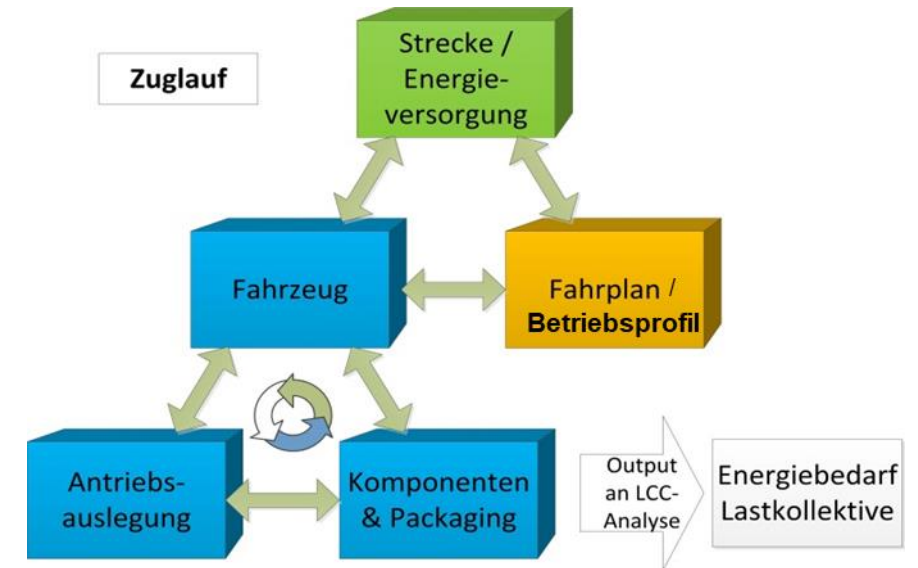
- in eigener Sache -

Ziel: Potentialanalyse Alternativer Antriebe in Rangier- und Streckendienst, Industrie-/Werksverkehr, Letzte Meile, Zugbildung,...

Eigentümer und Betreiber von SGV-Fahrzeugen gesucht:

- Fahrzeuge, Transportaufgabe und Einsatzumgebung
- Lastprofile, Anhängelasten, Geschwindigkeitsprofile, Einsatz und Standzeiten
- Besondere Anforderungen, z.B. geschlossene Räume?
- Unternehmensstrategie alternative Antriebe, CO₂-Emissionen und erneuerbare Energien
- Neubeschaffungen oder Umrüstungen in Planung?

➔ **Wir freuen uns auf Ihre Unterstützung!**



Zum Ende... Schiene und die NWS

Ziele und Ambitionen der NWS und direkte Beiträge der Schiene:

- Wasserstoff wettbewerbsfähig machen
- **Wasserstoff als alternativen Energieträger etablieren**
- **Transport- und Verteilinfrastruktur weiterentwickeln**
- Wissenschaft fördern, Fachkräfte ausbilden
- Deutsche Wirtschaft stärken und weltweite Marktchancen für deutsche Unternehmen sichern
- **Transformationsprozesse gestalten und begleiten**
- Internationale Märkte und Kooperationen für Wasserstoff etablieren
- Globale Kooperationen als Chance begreifen
- Wasserstoff als Grundstoff für die Industrie nachhaltig machen
- **Einen „Heimatmarkt“ für Wasserstofftechnologien in Deutschland entwickeln, Importen den Weg bereiten**





Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Institut für Fahrzeugkonzepte | Pfaffenwaldring 38-40 | 70569 Stuttgart

Holger Dittus | Holger.Dittus@dlr.de | www.DLR.de/FK



Wissen für Morgen